إضافات الى جيولوجية وحفريات الصحراء الليبية لتستل

بقلم
الدكتور محمد يوسف حسن
أستاذ الجيولوجيا المساعد بكلية العلوم بجامعة عين شمس

كارل ألفريد فون تستيل عالم جيولوجى وخبير بعلم الحفريات ، ألمانى الجنسية ، ولد فى بالينجن بأقليم بادن فى ٢٥ سبتمبر سنة ١٨٣٩ ، ومات فى ميونيخ عاصمة بافاريا فى ٦ يناير سنة ١٩٠٤ بعد حياة مفعمة بالنشاط والعمل الإيجابى المثمر الذى أضاف إلى معلوماتنا الكثير عن الأرض التى نسكنها وننعم بخيراتها المعدنية وخاصة بالنسبة إلى مصر . وقد درس تستيل فى جامعتى هيدلبرج وباريس . وبعد أن نال إجازته الجامعية عمل فى المساحة الجيولوجية بفينا . وفى عام ١٨٦٣ اشتغل محاضراًبالجامعة هناك . وبعد ذلك وفى نفس العام ، عين أستاذاً فى جامعة كارلسرو بألمانيا . وفى عام ١٨٦٦ عين أستاذاً لعلم الجيولوجيا والحفريات بجامعة ميونخ . ومنذ عام ١٨٩٩ اختير مديراً لأكاديمية بافاريا للعلوم .

إشترك تستيل فى رحلة رولفز المشهورة إلى الصحراء الليبية خلال عام ١٨٧٣ — ١٨٧٤ ، وترجع تسمية هذه الرحلة الكشفية العلمية بهذا الاسم إلى الرحالة الألمانى المشهور جرهارد رولفز الذى كان يشرف عليها .

وكان رولفز هذا يعمل طبيباً فى القوات الفرنسية المسلحة فى الجزائر فيما بين ١٨٥٥ و ١٨٦٠ ، ومن طريف ما أثر عنه إعتناقه الدين الإسلامى وقيامه برحلة فى شمال أفريقيا مرتدياً الملابس الوطنية لهذه المنطقة . وقد عشق هذا الرحالة الألمانى أفريقيا وتجول فى كثير من بقاعها الشمالية لاستكشافها . وفى شتاء ١٨٧٣ —

عقد المجمع العلمى المصرى جلسة فى ١٨ أبريل سنة ١٨٧٤ قدم فيها رولفز وصحبه فى رحلة الصحراء الغربية تقريراً عما أنجزوه من أعمال . وأوضح رولفز أن أهم أغراض الرحلة هى الدراسات الجيولوجية والطوبوغرافية والنباتية للمنطقة كما قدم تقريراً عن النواحى الجوية والجغرافية والطوبوغرافية . وتبعه جوردان الذى عرض بيانات فلكية وجيوديزية عن المنطقة . ثم تحدث تسيتل مؤلف كتاب « الإضافات » عن ملاحظاته الجيولوجية التى كانت موضع مناقشة من الحاضرين حيث استفسر جيارو ، ماريوت بك والمركيز دوكازو عن أصل الكثبان الرملية والرسوبيات السليكية المنتشرة فى الصحراء وعن امكانية وجود ظواهر لنشاط محاليل وغازات حرارية محلية فى بعض المناطق الصحراوية مثل التى توجد فى الجبل الأحمر قرب القاهرة ، وعن الحفريات التى تحتويها الرمال المنتشرة فى الصحراء . وكان من رأى تسيتل أن الكثبان الرملية والرسوبيات السليكية ترجع إلى أصل فتاتى كما أنه يوافق على حدوث نشاط محلى لمحاليل وغازات حرارية فى بعض المناطق الصحراوية . وبعد تسيتل تحدث أشرسون عن النباتات الموجودة فى المنطقة واختتم ريميليه المصور الخاص لهذه البعثة بحديثه عن الصور التى سجلها فى هذه الرحلة والصعوبات التى قابلته الجزء من الجلسة الذى خصص لمناقشة رحلة رولفز فى الصحراء الغربيـــة .

١٨٧٤ قام برحلته المشهورة فى الصحراء الليبية صحبا فيها نخبة من خيرة العلماء فى معظم فروع المعرفة العلمية ، وكان من أبرزهم كارل فون تستيل الذى اضطلع بالجانب الجيولوجى لهذه الرحلة الكشفية العلمية ونشر نتائج بحوثه فيه ما بين عام ١٨٨٠ وعام ١٨٨٣ بعد نحو تسعة أعوام من بدء القيام بالرحلة . وقطع تستيل تلك المدة الطويلة فى الدراسة والتحضير وساعده فى دراساته عن الصحراء الليبية نخبة من العلماء المبرزين فى الجيولوجية أمثال شنك وفوكس وماير إيمار وشفاجر ودولاهارب وكواز وفانر ودولو ريول وبراثر وغيرهم ، وكلهم أعلام معروفون فى الكتابات الجيولوجية عن مصر فى خلال القرن التاسع عشر . وقد نشر تستيل مع هذا العمل الجيولوجى العظيم أول خريطة جيولوجية للصحراء المصرية حتى جنوب الفيوم بمقياس رسم ١ : ١,٣٠٠,٠٠٠ ظلت المرجع الوحيد بين المختصين حتى أصدرت المساحة المصرية خريطتها التفصيلية سنة ١٩١٠ . وما زال تقسيم تستيل لصخور العصر الطباشيرى العلوى والجزء المبكر من حقب الحياة الحديثة سائداً حتى وقتنا هذا ، ولو أن توزيعه للمرحلة السنيومانية من صخور العصر الطباشيرى فى الجزء الشمالى من الصحراء الشرقية المصرية قد تعرض إلى بعض تعديل ، إلا أنه يعتبر المرجع الذى اهتدت به المساحة الجيولوجية المصرية عندما نشرت خريطتها الجيولوجية السالفة الذكر .

ولكارل فون تستيل أعمال جيولوجية رائعة ما زالت مرجعاً ومناراً للمشتغلين بهذا الفرع من العلوم حتى يومنا هذا . ولنذكر على سبيل المثال سفره الخالد فى علم الحفريات والمنشور فى خمسة أجزاء والذى صنف فيه الحفريات بجميع أنواعها سواء منها الفقارية أم اللافقارية . ويعتبر هذا الكتاب مرجعاً كلاسيكياً لم تنل من قيمته الأيام بل زادتها قدراً فهو معروف لدى كل من يعمل بهذا العلم . نشر هـــذا الكتاب فيما بين ١٨٧٦ ، ١٨٩٣ ، ومع تقادمه فإنه يعتبر بحق المرجع الأول ، وقد لا تخلو منه مكتبة علمية جيولوجية حتى الآن .

ومن أعمال تستيل الهامة أيضاً دراساته وأبحاثه فى حفريات الطبقات الانتقالية ما بين العصر الجوراوى والعصر الطباشيرى . وهو أول من وضع النقط فوق الحروف فيما يتعلق بحدود كل من صخور هذين العصرين بجانب قيمة الدراسة التصنيفية لحفريات الطبقات السابقة الذكر . وقد تم نشر هذه الأبحاث فيما بين ١٨٦٨ — ١٨٨٣ . ومما يذكر أيضاً بالإجلال والإعجاب كتابه عن « الزمن القديم » (١٨٧٢ ، الطبعة الثانية ١٨٧٥) ذلك الكتاب الذى عالج فيه تاريخ الكرة الأرضية منذ نشأتها . وقد كان حاد البصيرة فيما كتب حتى أن أغلب ملاحظاته ونظرياته ما زال معترفاً بها بين علماء الجيولوجيا . وتوج تستيل أعماله العلمية بأن عرض لنا وسجل « تاريخ تطور الجيولوجيا وعلم الحفريات حتى نهاية القرن التاسع عشر » فى كتاب بهذا الاسم نشر عام ١٨٩٩ .

ومن أخطر المناصب العلمية التى تولاها كارل فون تستيل منصب المحرر لمجلة علم الحفريات (Palaeontographica) ذات الأهمية الكبرى والصيت البعيد ابتداء من عام ١٨٦٩ . ولاتزال هذه المجلة العلمية من أشهر المجلات ذات الإنتشار العالمى الواسع وقد أسهمت ولا تزال تسهم فى تزويد معلوماتنا بالقيم الكثير فى هذا المجال . ومن بين الأعمال الهامة لكارل فون تستيل الكتاب الذى نحن بصدد تمحيصه ودراسته وعرضه على القارئ . وعنوان هذا الكتاب « إضافات إلى جيولوجية وحفريات الصحراء الليبية والمناطق المتاخمة للقطر المصرى » وقد نشر هذا السفر القيم عام ١٨٨٣ . وعندما قام تستيل بهذا العمل العظيم كان على علم بخطر هذه المهمة الملقاة على عاتقه . وقد قسا على نفسه وأوردها موارد المخاطرات خدمة للعلم وتنويرا للبشر وتعريفهم بمكنوناته لقد افتتح كتابه معتذراً عن طول المدة التى سلخها

فى الدراسة حتى تاريخ النشر بقوله « تسع سنوات كاملة انقضت منذ بدء رحلة رولفز إلى الصحراء الليبية . وعندما استطعت بعد هذا الزمن الطويل نشر النتائج الجيولوجية وجزء من النتائج الحفرية لمنطقة بكر لم تستكشف علمياً بعد ، كثيراً ما كانت دراستى لها تسفر فى كل يوم عن مفاجآت علمية وكشوف هامة ، فانى أتقدم بالإعتذار عن هذا التأخير الذى يرجع إلى ضخامة المسؤلية الملقاة على عاتقى فى هذه الدراسة وتشعبها وكذلك إلى أعمالى العلمية الأخرى التى لم يكن بوسعى تأجيلها » .

هذه نبذة نستعرضها من مقدمة كتابه عن الصحراء الليبية نسجل فيها بإعجاب وإكبار لمحة من خلق هذا العالم الجليل وانكاره لذاته وأسلوبه الدقيق الأمين فى البحث العلمى وتواضعه الذى يأسر النفس ، لنتصور قدر ما أودعه من أمانة للتراث الإنسانى فى هذا الكتاب . وقد أودع تستيل عينات الصخور والحفريات التى جمعها فى رحلته هذه متحف ميونخ .

تمتد حدود المنطقة الصحراوية التى اضطلعت رحلة رولفز بدراستها من جبال الأطلس وشاطئ البحر المتوسط شمالا حتى الخط الممتد من منبع نهر السنغال ماراً بتمبوكتا وجوجو ودامرجو وشمال الكانم إلى ضابه وأبى حمد جنوباً ومن المحيط الأطلسى غرباً حتى سلاسل جبال البحر الأحمر شرقاً ويعترضها فى هذا الامتداد وادى النيل وتبلغ مساحة هذه المنطقة ١٦٠,٠٠٠ كم ، تقريباً .

وقد اضطلع أعضاء رحلة رولفز بدراسة تلك المنطقة الصحراوية تحت ظروف سيئة للغاية لعل أسوأها تلك المجاهل التى كانوا يعبرونها وبدائية طرق المواصلات فى ذلك الوقت ، إذ كانوا يستعملون قوافل الجمال . وقد صور تستيل هذه الصعوبات تصويراً دقيقاً فى قوله بصفحة ١١ من كتاب (الإضافات) : « فى مسافات تتراوح بين كيلو متر واثنين ترتفع هامات الكثبان الرملية مبتدئة بسطح متعرج يزداد انحداره مع الارتفاع حتى يصل إلى القمة التى تكون زاوية حادة مع سطح الكثيب الآخر المعاكس لاتجاه الريح والذى ينحدر انحداراً شديداً ، مما يضطر الإنسان للسير ساعات بل فى بعض الأحيان نصف يوم على طول الكثيب حتى يجد منحدراً ملائماً يمكن القافلة من العبور . وليس أصعب من هذه اللحظات التى تعبر فيها القافلة مثل هذا المنحدر إذ تضطر الجمال إلى السير وقد ربط بعضها إلى بعض فى صف طويل تتلمس طريقها بصعوبة فوق المنحدرات ويكون من حسن الحظ أحياناً لو كانت بعض تلك الرمال متماسكة فلا تغوص فيها أقدام الجمال تحت ثقل حمولتها . ويمثل هذا الصف الطويل من الجمال طول الوقت خطر فقدان أحدها توازنه على المنحدر فيتدحرج كل المسافة ، مما يضطر القافلة أن تكون على استعداد دائم لسند الجمال (التى ترتفع فوق سيقانها الطويلة) وتمكينها من الوضع الطبيعى . وفى بعض الأحيان يكون من الضرورى أن تخفف حمولة الجمال حتى يسهل عليها تساق مثل هذه المنحدرات . وهكذا تمضى الساعات ببطء حتى نقطع الكيلومتر الواحد أو الكيلومترين » .

ويسترسل تستيل واصفاً العواصف الرملية بقوله : « تكون الصحراء المليئة بالكثبان الرملية أسوأ ما تكون عند هبوب العواصف . فيصبح جوها مليئاً بالرمل الناعم ويسود من السحب الرملية الداكنة . « وتدخن » الكثبان وتسبح حدودها فى وسط الهواء المثقل بالرمال ، وتبدو كأنها تتحرك . وبقوة فظيعة تقذف دفعات الهواء كل شىء ارتفع عن سطح الأرض بحبات الرمال الحادة . وليس من سبيل للنجاة لدى المسافر إلا أن ينبطح على الأرض بوجهه ويديه الملتهبتين وقد أعمته الأتربة والرمال ليحتمى بالأغطية من غضب السموم » .

وتنتقل كميات خيالية من الرمال من مكانها فى أثناء العاصفة . ويشرح تستيل بعين الخبير ودقة الملاحظ الحصيف تكون الكثبان الرملية قائلا : « ولا شك أن الكثبان الرملية تدين للرياح بشكلها . ومن السهل أن

يقتنع الإنسان بهذا عندما يرى مولد الكثيب الرملى فى صورة مرتفع صغير ينمو خلف كل عائق فى سبيل الرياح كصخرة أو شجيرة أو غير ذلك . وعندما يتكون مثل هذا الوليد تضيف إليه الرياح باستمرار مما تحمله ، فهى تدفع حبات الرمال على الجانب المرتفع المواجه لها حتى تصل هذه الحبات إلى القمة فتتركها تتدحرج على الجانب الآخر . وهكذا يكبر محيط الكثيب الناشئ . وفى الوقت الحالى لا تتكون سلاسل الكثبان الرملية إلا تحت ظروف ملائمة خاصة وذلك يرجع إلى أن الكثبان الرملية الحالية تقوم مقام المجمعات الطبيعية للرمال التى تذروها الرياح محاولة بذلك زيادة حجمها . وسلاسل الكثبان الرملية التى اعترضت طريق رحلتنا تحمل جميعها أسماء كثيرة لا يزال البدو يعرفونها كلما طالت السنون » .

وكان تسيتل إلى جانب دقة ملاحظته وعمق فكره واسع الإطلاع أميناً يعطى كل ذى حق حقه فنجده دائماً يذكر من سبقه مستعرضاً بروح الدارس الواعى البعيد عن التحيز ما وصل إليه الآخرون من نتائج . فعندما يتحدث عن جيولوجيا الجزء المصرى من الصحراء الأفريقية الكبرى يبدأ قوله كما فى ص ٢٥ : « بعكس الأجزاء السابقة الذكر والقائمة فى قلب الصحراء منسية من العالم نجد أن الجزء الشرقى من الصحراء (يقصد الصحراء الليبية والنوبة ، والصحراء التى إلى جنوب النيل) تتصل من قديم بحضارة شعوب البحر الأبيض المتوسط وتاريخهم . فقد أشار إبراطوسطين وهيرودوت وسترابو إلى الحفريات الموجودة فى صخور مصر والصحراء الليبية ومنذ نهاية القرن الثامن عشر وإلى وقتنا هذا كانت مصر دائماً قبلة فطاحل العلماء . وممن يستحق الذكر من هؤلاء بالنسبة لأعمالهم العلمية ذات النتائج الهامة : كالياندوز ومسجير وفيجارى وحديثا فراس وشفانيفورث . أما المناطق غير المتيسر الوصول إليها من الصحراء الليبية فقد ظلت مجاهل بالنسبة للجيولوجيين . ومن بين الزوار العديدين لواحة سيوه والواحات الأخرى بالصحراء الليبية مَنْ لم يقم بدراســة التراكيب الجيولوجية سوى كاليااند واهرنبرج ولم يتلق الجزء الشمالى الشرقى من الصحراء الليبية العناية الجيولوجية اللازمة قبل رحلة رولفز فى شتاء ١٨٧٣ — ١٨٧٤ » .

ثم ينتقل تسيتل بعد ذلك لمناقشة الحدود الشرقية للصحراء الكبرى بقوله : « كما سبق أن ذكرت فان الصحراء حول النيل وجبال مصر الشرقية على البحر الأحمر تكون الحدود الشرقية الطبيعية للصحراء . فالمنطقتان المرتفعتان غير الإقتصاديتين شرق النيل وغربه كانتا بلاشك فى القديم أرضاً متصلة شق النيل فيها مجراه مؤخراً ، ربما إبان القسم الرابع من حقب الحياة الحديثة وقد منحت الظروف الجوية المتغيرة هذه المنطقة أشكالا طوبوغرافية متعددة على مر الزمن » .

وعزى تسيتل شكل الصحراء الواقعة غرب النيل إلى عمل الرياح ويتضح ذلك مما سبق اقتباسه فى وصف الكثبان الرملية وكيفية تكونها بواسطة الرياح ، وهى تكون الأساس الطوبوغرافى لهذا الجزء من الصحراء . وعندما يتحدث تسيتل عن الصحراء شرق النيل نجده يعترف بالأمطار كعامل أول لمنح الصحراء شكلها الطوبوغرافى الحالى وذلك يطابق أحدث النظريات العلمية السائدة الآن . ففى وصفه للصحراء الشرقية يسترسل تسيتل قائلا : « على الحافة العربية (الشرقية) ترتفع هضبة الصحراء إلى الشرق بسرعة فى قمم مهلهلة ومعرجة تصل إلى ارتفاعات ١٥٠٠ متر فى بعض المناطق كما فى الجبال الممتدة على ساحل البحر الأحمر . وعلى هذه القمم الشاهقة كما فى جبل غارب وجبل دخان والقمم الأخرى العديدة لتلك السلاسل الجبلية المستطيلة والتى تتكون من صخور الأساس المركب المتبلورة والمتحولة والتى تصل بهاماتها إلى ارتفاع يبلغ ٢٥٠٠ متراً فوق سطح البحر ، تصطدم السحب المحملة ببخار

الماء فتسقط مياهها على الأجزاء الصحراوية المجاورة . وتنطلق مياه الأمطار الهائمة فى الوديان الجافة المتشابكة كأنها دورة دموية تتغلغل فى أديم الصحراء العربية . ومن الطبيعى أن هذه المياه تختفى بعد بضع ساعات أو أيام ولكنها تمون الينابيع الطبيعية ويبقى جانب من مياهها فى التربة أشهراً فييسر أسباب الحياة للقوافل المارة بالمنطقة . وأثر هذه الأمطار على تشكيل سطح الأرض كبير ، ويعتبر المسئول عن تعرج سطحها . والأمطار وما يترتب عليها من نمط متشابك من وديان وجبال وينابيع وآبار وفى بعض الأحيان حياة وزراعة وهضاب مرتفعة ومستوية صالحة لإقامة الإنسان تسلب الصحراء الشرقية الشكل الصحراوى الأصيل » .

ويستعرض تسيتل حضارة هذه المنطقة من الصحراء فيوضح كيف فطن المصريون القدماء والرومان إلى جبال الصخر الفرفيرى الموجود بها بأنواعه المختلفة من جبال دخان وحمامات ، وكيف أنهم نحتوا لاستغلاله المحاجر الكبيرة ونقلوه من الصحراء إلى النيل بجهد يفوق الوصف كى يستعملوه فى بناء معابدهم .

وفى مكان آخر من كتاب الإضافات إلى جيولوجية الصحراء الليبية كتب تسيتل : « وقد عرف المصريون القدماء قيمة هذه المواد البنائية التى لا تنفذ وقدروها خيراً مما قدرها أحفادهم . فاستعملوا الحجر الرملى النوبى من محاجر السلسلة بالصعيد وفضلوه على غيره فى بناء المعابد والآثار فى أعالى النيل . وفعلا لم يكن فى هذه المنطقة صخر يفضله لإقامة تلك الأبنية الضخمة الخالية من القباب وذلك لما يتميز به من صلابة عالية وتماسك متجانس ، كذلك لوجوده فى طبقات متتابعة ومتبادلة مع صخر رخو طفلى مما يساعد على سهولة تكسير طبقات الحجر الرملى النوبى إلى كتل ضخمة » ويتضح مما لاحظه تسيتل أن المصريين القدماء قد برعوا فى شئون حفر المناجم والمحاجر على أسس علمية .

وتسيتل أول من أشار إلى وجود طبقات من الفحم فى الصحراء الشرقية (ص ٢٧ من كتاب الإضافات) وربما كان تسيتل هو وحده حتى الآن الذى عثر على هذه الطبقات الفحمية حتى كشفت أعمال الحفر العميق فى السنوات الأخيرة عن نظائرها حول منطقة السويس . وهنا يجدر بنا أن نقف قليلا نتأمل دقة تسيتل وكيف أنه كان يبذل أقصى الجهد حتى لا تفوت ملاحظته صغيرة ولا كبيرة بالصحراء دون أن يسجلها . وإلى جانب دقته التى أدت إلى هذا الكشف الفريد نود أن نشير إلى ما ينطوى عليه إعلانه لهذا الكشف الذى قد يسفر عن نتائج اقتصادية واستراتيجية هامة للمنطقة من أمانة حملتها شخصيته العلمية الممتازة .

وقد استخلص تسيتل من دراساته الجيولوجية فى هذه المنطقة سبع عشرة نتيجة . ولكى نقرب مضمونها إلى ذهن القارئ سوف نستعرض باختصار وتبسط السجل الصخرى للزمن الجيولوجى وهو ما يسمى بالعامود الجيولوجى .

ينقسم الزمن الجيولوجى حسب ظهور الحياة وتطورها وحسب الحركات الأرضية إلى عدة أقسام وينقسم كل قسم منها بالتالى إلى أقسام أصغر وهكذا . فالزمن الجيولوجى المنصرم قبل بدء الحياة أو على الأقل قبل أن تستطيع الحياة ترك دليل قاطع عليها فى الصخور يسمى بحقب ما قبل الكمبرى ، وقد زخر بحركات أرضية عنيفة مما جعل صخوره يغلب عليها الطابع التحولى وتفقد صفاتها الأصلية سواء أكانت رسوبية أو نارية . أما الزمن الجيولوجى الذى يلى هذا الحقب فقد زخر بأنواع الحياة المختلفة وامتلأ بتطوراتها وأشكالها العديدة وتعرضت صخوره إلى حركات أرضية عديدة تمكن الجيولوجيون بفضل دراستها والتعرف على أشكال الحياة السائدة فيها إلى تقسيمها إلى ثلاثة أحقاب ينقسم كل حقب منها إلى عدد من العصور كما يلى :

العمر بملايين السنين		الأحقاب	العصور
٧١	١	حقب الحياة الحديثة	البلستوسين والحديث
	١٠		البليوسين
	٢٠		المسيوسين
	١٠		الأوليجوسين
	٣٠		الإيوسين
١٣٥	٥٥	حقب الحياة الوسطى	الطباشيرى
	٤٥		الجوراوى
	٣٥		الثلاثى
٣٠٠	٣٠	حقب الحياة القديمة	البرمى
	٦٠		الكربونى
	٤٠		الديفونى
	٣٠		السيلورى
	٦٠		الأردفيسى
	٨٠		الكمبرى
٢٥٠٠	٢٥٠٠	حقب ما قبل الكمبرى	عصور ما قبل الكمبرى

ويفصل هذه العصور المختلفة بعضها عن بعض فى الغالب حركات أرضية أقل شدة من تلك التى تفصل الأحقاب . ونتيجة لهذه الحركات الأرضية يتغير توزيع اليابس والبحر فيغمر البحرمناطق سبق أن كانت يابسة وتأثرت بعوامل التعرية المختلفة ليرسب عليها رسوبياته بما احتوته من بقايا عضوية تتحجر بعد ذلك وتصبح وثائق زمنية لهذه الفترة أو قد ينحسر البحر وبذلك تكتسب اليابسة مناطق جديدة تصبح بعدأن كانت مناطق ترسيب معرضة لعوامل التعرية الجوية المختلفة . ولذلك فاننا لا نجد صخور العصور المختلفة ممثلة كلها فى منطقة واحدة إذ أن الحركات الأرضية ترفعها أحياناً فوق سطح البحر فتجعلها عرضة لعوامل التعرية المختلفة التى تبليها وأحياناً أخرى تغمرها تحت سطح البحر فتجعلها عرضة للترسيب . وما يتبع ذلك من حفظ البقايا العضوية فى هيئة متحجرة بداخلها كما أن الصخور الرسوبية المعرضة للعوامل الأرضية تعانى عادة ضغوطاً تجعلها تتجعد فى هيئة طيات أو تتصدع أو تتشكل إلى أشكال تركيبية عديدة ومعقدة .

وفيما يلى نتائج « تسيتل » كما يتضمنها كتابه :

١ — تتصف الصحراء الليبية بتركيب جيولوجى بسيط حيث تأخذأغلب الطبقات الرسوبيةالوضع الأفقى وتفتقر إلى التراكيب المعقدة مثل الصدوع والطيات والطبقات الرأسية .

٢ — فى قاعدة جبال أطلس المراكشية توجد الصخور التابعة لحقب الحياة القديمة (من عصرى الديفونى والكربونى (والتى يتتابع عليها جنوباً صخور رملية وأردوازية وفى بعض الأحيان تتداخل فيها صخور جرانيتية وفرفيرية .

٣ — فى المنخفضات ما بين جبال الأطلس وجبال « الأحجار » تكون صخور عصرى الطباشيرى المتوسط والعلوى الأساس الذى ترتكز عليه الصخور الطينية المترسبة من المياه العذبة والتى تتتابع بدورها مع صخور جبسية وملحية وتتبع العصر الرابع من حقب الحياة الحديثة .

٤ — تكون صخور العصر الطباشيرى سالفة الذكر الأساس الصخرى فى مناطق طرابلس . أما إلى جنوب طرابلس فتنكشف صخور رملية تتبع حقب الحياة القديمة . وهذه تكون بدورها الأساس الصخرى الذى يمتد إلى الحد الجنوبى للصحراء الليبية . وقد تختلط هذه الصخور ببعض طبقات جيرية أو اردوازية .

٥ — لم يثبت بعد وجود صخور العصر « البرمى » (آخر عصور حقب الحياة القديمة) أو العصر الثلاثى أو الجوراوى أو الطباشيرى السفلى (وهى عصور

حقب الحياة الوسطى) فى الصحراء أو فى الجبال الممتدة على حدود مصر .

٦ — يبدو أن هضاب « الأحجار » و « التبستى » تتكون من صخور رملية واردوازية وجرانيتية تتبع حقب الحياة القديمة وبعض صخور بركانية أحدث عمراً .

٧ — تعرف صخور حقب الحياة الحديثة ذات الأصل البحرى فى شمال المستنقعات التونسية الملحية فقط كما تنتشر كذلك فى الصحراء الليبية والعربية .

٨ — تمتد صخور عصر الأيوسين (أول عصور حقب الحياة الحديثة) الحاملة لحفرية النيمولنيت فى الصحراء الشمالية الشرقية وفى مصر حتى خط عرض إسنا جنوباً . أما الحد الجنوبى لصخور عصر الميوسينى (وسط حقب الحياة الحديثة) فيقع عند واحة سيوه والمرتفعات الواقعة بين القاهرة والسويس .

٩ — كان الجزء الجنوبى وجانب من الجزء الأوسط من الصحراء جزءاً من اليابس إبان منتصف حقب الحياة القديمة . أما الجزء الأعظم من بقية الصحراء فلم تكتسبه اليابسة إلا بعد العصر الطباشيرى (قرب نهاية حقب الحياة الوسطى) ولم يبق تحت البحر فى العصر الأيوسينى إلا بعض أجزاء من الصحراء الليبية التى بقيت أطرافها الشمالية تحت منسوب البحر حتى العصر الميوسينى الأوسط .

١٠ — يرجع عمر الانفجارات البركانية الموجودة فى طرابلس والصحراء الليبية والعربية وربما كذلك الموجودة فى المناطق الجبلية لمنطقة الأحجار إلى حقب الحياة الحديثة المتأخر . وحدث نتيجة لهذه الانفجارات صدوع قليلة وبعض آثار تحولية على الصخور المجاورة .

١١ — كانت الصحراء وكذلك جزء من جنوب وشرق منطقة البحر الأبيض المتوسط يابسة أثناء الزمن الطوفانى (الزمن الرابع من حقب الحياة الحديثة) .

١٢ — ليس هناك دليل على صحة الفرض القائل بأن الصحراء كانت فى الزمن الطوفانى تحت البحر ولم يمكن الإستدلال على ذلك بالظواهر الجيولوجية أو بالتفاصيل التضاريسية . وربما كان هناك اتصال تام بين المستنقعات التونسية الملحية والبحر الأبيض المتوسط .

١٣ — سادت موجة جوية رطبة أثناء الزمن الطوفانى فى شمال أفريقيا وربما تكون قد استمرت إلى ما قبل الزمن الحديث مباشرة .

١٤ — يعود شكل التضاريس الحالية لسطح الصحراء إلى فعل المياه العذبة الجارية وكذلك يرجع أصل الحفر الوعائية والمنحدرات الشديدة وغيرها .

١٥ — يرجع أصل الرمال فى الصحراء إلى تعرية الصخور الرملية التى تنتشر فى وسط وجنوب الصحراء وعمل الرياح مسئول عن تجميع هذه الرمال فى هيئة كثبان رملية وتوزيعها فى أنحاء الصحراء .

١٦ — يرجع تكون المستنقعات الملحية وكذلك القشرة الملحة والجبسية فى بعض المناطق إلى إذابة الصخور القديمة وتبخر المياه بعد تجمعها فى منخفضات عديمة الصرف .

١٧ — لا يوجد أى دليل على تغير كبير فى الأحوال الجوية فى الصحراء منذ بدء التاريخ الإنسانى .

هذه النتائج السبع عشرة التى لخصها تسيتل فى كتاب « الإضافات » تعتبر بحق ألف باء الجيولوجية المصرية وجيولوجية أفريقية الصحراوية الشمالية ويعتمد عليها الباحثون الجيولوجيون فى هذه المنطقة من العالم حتى اليوم